



Pengaruh Nilai Spesifik Konsumsi Bahan Bakar (SFC) Terhadap Jumlah Pemakaian Batubara Di PT Bukit Energi Servis Terpadu PLTU Peltar 2x8 MW

Ambar Pambudi^{1*}, Irza Kukmana², Yudi Eka Risano³

^{a,d} Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai, Jl. Imam Bonjol No 468 Langkapura Bandar Lampung

^{b,c} Program Studi Program Profesi Insinyur, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima : 11 Maret 2023

Direvisi : 113 April 2023

Diterbitkan : 2 Desember 2023

Kata kunci:

PLTU, SFC, Batubara

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan mesin konversi energi yang mengubah energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi listrik. Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini adalah Generator yang dihubungkan ke turbin yang digerakkan oleh tenaga kinetik dari uap panas / kering. PLTU menggunakan fluida kerja air uap yang bersirkulasi secara tertutup. Siklus tertutup artinya menggunakan fluida yang sama secara berulang-ulang. Penelitian mengenai Analisis Pengaruh Nilai *Specific Fuel Consumption (SFC)* Terhadap Jumlah Pemakaian Batubara Di PT Bukit Energi Servis Terpadu PLTU Pelabuhan Tarahan 2x8 MW dapat dianalisa 5 parameter, nilai *SFC Gross*, nilai *SFC Netto*, Nilai *GPHR (Gross Plant Heat Rate)*, *NPHR (Nett Plant Heat Rate)* dan efisiensi *Thermal*. Nilai *GPHR (Gross Plant Heat Rate)* dan *NPHR (Nett Plant Heat Rate)* dipengaruhi dari nilai kalori batubara, dimana semakin besar kalori batubara maka semakin besar nilai *GPHR* atau nilai *NPHR*-nya. Secara teoritis jumlah pemakaian batubara mempengaruhi nilai dari produksi generator dan trafo, sedangkan faktanya yang terjadi di lapangan jumlah produksi generator dan trafo ditentukan sesuai dengan kebutuhan suplai daya oleh konsumen. Standar Efisiensi *Thermal* dari PLTU Pelabuhan Tarahan 2x8 MW sendiri adalah $\geq 24,69 \%$, sedangkan dari data pembahasan yang sudah diperoleh tidak sesuai dengan ketetapan standar, yaitu $\leq 24,69 \%$.

1. Pendahuluan

Batubara adalah hasil akumulasi material organik yang berasal dari sisa-sisa tumbuhan yang telah melalui proses litifikasi untuk membentuk lapisan batubara. Batubara dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang kehidupan manusia, seperti pembangkit listrik, industri besi dan baja, pemanas ruangan, bahan bakar pembuatan semen, pupuk, pabrik kertas, industri kimia dan farmasi. Sebagian besar kebutuhan batubara di dalam negeri saat ini digunakan sebagai bahan bakar PLTU untuk menghasilkan energi listrik. PLTU batubara adalah sumber utama energi listrik di Indonesia karena sumberdaya batubara yang cukup besar dan harganya relatif lebih murah dibandingkan bahan bakar minyak.

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) berbahan bakar batubara merupakan pembangkit listrik yang banyak digunakan untuk proyek penyediaan listrik 35000 MW di Indonesia. berdasarkan data kementerian ESDM, PLTU mempunyai persentase 57,22% dari total 60 GW daya terpasang, hal tersebut dikarenakan PLTU konvensional mempunyai efisiensi yang cukup baik sekitar 30-35% dan mempunyai biaya produksi yang rendah sekitar Rp 500- Rp 600 per KWh, jika dibandingkan

pembangkit dengan bahan bakar lain seperti gas sekitar Rp 900 per KWh dan BBM sekitar Rp 1.800 per KWh menurut kementerian ESDM. Biaya produksi yang rendah tersebut dikarenakan harga batubara yang lebih murah dibanding bahan bakar fosil lainnya.

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi panas dari steam yang digunakan untuk memutar turbin agar dapat membangkitkan energi listrik melalui generator. Steam yang diperoleh berasal dari perubahan fase air yang berada pada boiler akibat mendapatkan energi panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Secara garis besar sistem pembangkit tenaga uap terdiri dari beberapa peralatan utama di antaranya : Boiler, Turbin dan Generator.

Dalam pembangkitan, biaya terbesar untuk mengoperasikan sebuah unit adalah biaya bahan bakar sekitar 80% s/d 88% dari total biaya operasi, atas dasar tersebut penting untuk memahami aspek bahan bakar yang digunakan pada suatu unit pembangkit. Kualitas batubara yang dipakai akan mempengaruhi *heat rate*, *Specific Fuel Consumption* dan efisiensi. Selain kualitas batubara pola beban pengoperasian pun

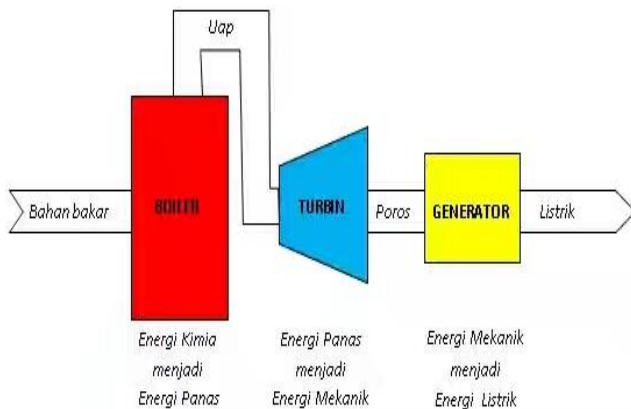
berpengaruh terhadap *heat rate*, *Specific Fuel Consumption* dan efisiensi sehingga akan mempengaruhi biaya produksi listrik pada PLTU. Dengan menggunakan kualitas batubara yang sesuai dan pengoperasian pada beban yang optimum akan menjadikan biaya produksi listrik menjadi lebih murah

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kualitas batubara terhadap *heat rate* dan biaya pembangkitan yang dibutuhkan untuk menghasilkan listrik di PLTU Pelabuhan Tarahan 2x8 MW Tarahan sehingga didapat kualitas batubara pada beban operasi yang tepat untuk mendapatkan biaya produksi listrik yang rendah.

1.1. Sub bab

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan mesin konversi energi yang mengubah energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi listrik. Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini adalah Generator yang dihubungkan ke turbin yang digerakkan oleh tenaga kinetik dari uap panas / kering. Uap panas / kering hasil dari pembakaran digunakan untuk menggerakkan poros sudu-sudu turbin, sudu-sudu turbin menggerakkan poros turbin untuk selanjutnya poros turbin menggerakkan generator. Dari generator inilah kemudian dibangkitkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga uap menggunakan berbagai macam bahan bakar terutama batu bara. (Basuki, Cahyo Adi., Ir Agung Nugroho dan Ir Bambang Winardi
Proses konversi energi pada PLTU berlangsung melalui 3 tahapan, yaitu :

- Pertama, energi kimia dalam bahan bakar diubah menjadi energi panas dalam bentuk uap bertekanan dan temperatur tinggi.
- Kedua, energi panas (uap) diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran.
- Ketiga, energi mekanik diubah menjadi energi listrik.



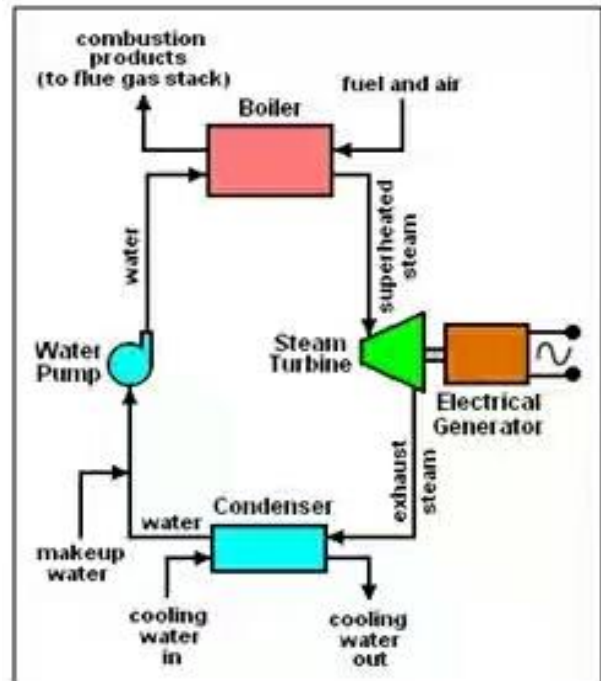
Gambar 1. Proses Konversi Energi Pada PLTU

PLTU menggunakan fluida kerja air uap yang bersirkulasi secara tertutup. Siklus tertutup artinya menggunakan fluida yang sama secara berulang-ulang. Urutan sirkulasinya secara singkat adalah sebagai berikut :

- Pertama, air diisi ke boiler hingga mengisi penuh seluruh luas permukaan pemindah panas. Didalam boiler air ini dipanaskan dengan gas panas hasil pembakaran bahan bakar dengan udara sehingga berubah menjadi uap.
- Kedua, uap hasil produksi boiler dengan tekanan dan temperatur tertentu diarahkan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan daya mekanik berupa putaran.
- Ketiga, generator yang dikopel langsung dengan turbin berputar menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari perputaran medan

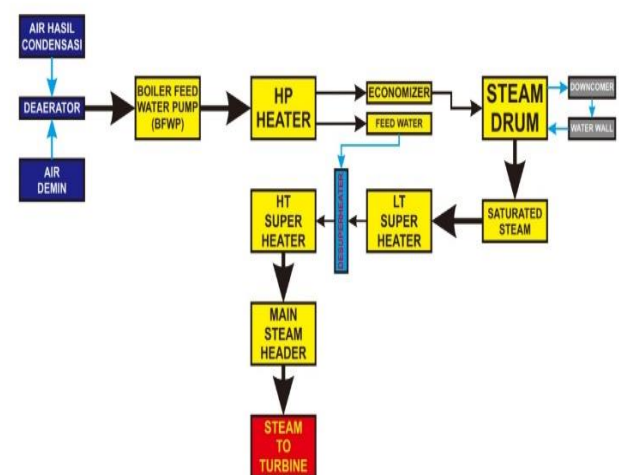
magnet dalam kumparan, sehingga ketika turbin berputar dihasilkan energi listrik dari terminal output generator.

- Keempat, uap bekas keluar turbin masuk ke kondensor untuk didinginkan dengan air pendingin agar berubah kembali menjadi air yang disebut air kondensat. Air kondensat hasil kondensasi uap kemudian digunakan lagi sebagai air pengisi boiler



Gambar 2. Siklus Fluida Kerja Sederhana Pada PLTU

Siklus kerja PLTU yang merupakan siklus tertutup dapat digambarkan dengan diagram T – s (Temperatur – entropi). Siklus ini adalah penerapan siklus rankine ideal.



Gambar 3. Diagram Alur Proses Produksi PLTU Peltar 2x8MW

Air hasil kondensasi dan demin di alirkan ke Dearator Tank. Fungsi dari deaerator adalah mengurangi/menurunkan kadar gas-gas yang terlarut dalam air pengisi, yang dapat menyebabkan korosi di dalam ketel uap. Kemudian steam di alirkan ke High Temperature Press (HP Heater) yang di pompakan dengan menggunakan Boiler Feed Water Pump (BFWP). High Temperature Press (HP Heater) berfungsi sebagai pemanas air

umpan untuk boiler. Selanjutnya air umpan boiler yang telah di panaskan melalui HP Heater di alirkan kembali ke Econmizer untuk dipanaskan kembali sebelum menuju ke Steam Drum. Steam drum berfungsi sebagai tempat menampung air umpan untuk boiler, selain itu steam drum juga berfungsi sebagai tempat pemisah antara fase air menjadi uap. Setelah itu steam yang masih berbentu uap basah dipanaskan melalui Low Super Heater (LT Heater). LT Heater sendiri berfungsi sebagai tempat pemanas awal steam agar uap panas yang masih berbentuk uap basah menjadi uap yang kering. Kemudian uap dari LT Superheater di panaskan kembali di High Press Heater (HT Heater) sehingga temperatur uap benar benar kering dan uap menjadi lebih panas. Setelah steam dipanaskan melalui pemanasan akhir di HT Heater kemudian steam dialirkan ke Main Steam Header. Steam header merupakan penampungan sementara steam kering sebelum steam dikirim ke turbin. Kemudian steam dikirim ke turbin untuk memutar poros turbin. Poros turbin yang berputar secara bersamaan juga ikut memutar generator karena poros turbine sudah dicompel dengan generator, putaran generator inilah yang kemudian dapat menghasilkan listrik. Steam sisa dari turbin keluar melalui 4 tahapan yang terbagi dalam 4 Stage. Stage 1 steam masuk ke HP Heater guna untuk memanaskan air umpan boiler. Stage 2 steam masuk ke Deaerator guna untuk memanaskan suhu di dalam deaerator. Stage 3 steam masuk ke LP Heater guna untuk memanaskan air kondensasi yang di kirim dari Condensor sebelum air kondensasi dikirim ke deaerator. Stage 4 steam masuk ke Condenser guna untuk perubahan fase uap menjadi air kembali. Perubahan fase uap menjadi air yg terjadi di dalam condensor dibantu dengan menggunakan media air laut sebagai proses pendinginannya. Air laut dihisap menggunakan pompa *sea water pump* kemudian menuju ke dalam condensor untuk mendinginkan steam outlet yang keluar dari stage 4 turbin. Air yang telah terkondensasi dipanaskan melalui pemanasan awal pada *gland heater* kemudian dipanaskan kembali pada LT Heater lalu air dikirim ke dalam deaerator sebagai air umpan untuk boiler

Specific fuel consumption adalah rasio perbandingan total konsumsi bahan bakar terhadap daya listrik yang dibangkitkan dalam sebuah industri pembangkitan listrik, biasanya digunakan sebagai salah satu cara untuk mengetahui seberapa efisien sebuah pembangkit listrik dan untuk memprediksi nilai kalor bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran. Pengukuran SFC sebaiknya dilakukan pada beban yang tetap selama minimum dua jam, kemudian diukur seberapa banyak jumlah pemakaian bahan bakar selama periode dua jam tersebut. Jika periode waktu ini dirasa terlalu lama, maka dapat dipersingkat dengan pengambilan data minimum selama satu jam.

Satuan pengukuran SFC terutama pada *fuel flow* berbeda-beda tergantung dari jenis bahan bakar yang digunakan pada sebuah pembangkit listrik, contohnya :

- PLTU Minyak, SFC = liter/kWh
- PLTU Batubara, SFC = kg/kWh
- PLTU Gas Alam, SFC = MSCF/kWh

Nilai pengukuran SFC bervariasi sesuai dengan beban unit yang dibangkitkan, sebagai contoh apabila beban yang dibangkitkan adalah sebesar 100%, 75% dan 50% dari daya maksimum (MCR) maka nilai SFC antara beban yang satu dengan yang lainnya akan tidak sama, demikian juga apabila bahan bakar yang digunakan memiliki nilai kalor yang tinggi, maka nilai SFC akan turun disebabkan oleh konsumsi bahan bakar yang tidak banyak.

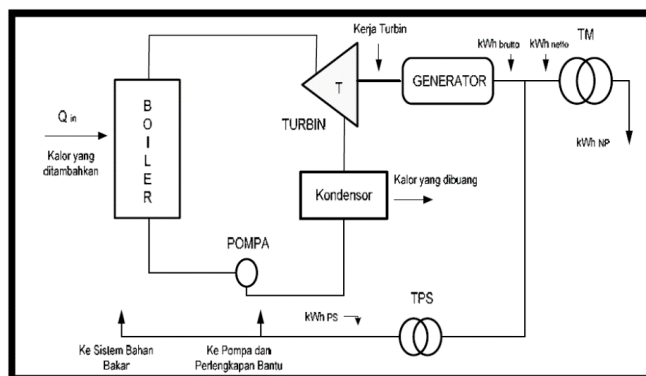
2. Metodologi

2.1 Alat dan Bahan

Dalam proses penelitian tugas akhir analisis pengaruh nilai *Specific Fuel Consumption* (SFC) Terhadap Jumlah Pemakaian Batubara di PT Bukit Energi Servis Terpadu PLTU Pelabuhan Tarahan 2x8 MW selain memerlukan materi yang sesuai dengan keinginan guna mencapai hasil yang diinginkan juga memerlukan beberapa bahan penunjang lainnya. Adapun bahan atau peralatan yang digunakan diantaranya sebagai berikut :

- DCS (*Distributed Control System*)
- Pressure Gauge*
- Batubara dengan nilai kalori sesuai pemakaian
- Temperature
- KWh Meter
- Transmitter Flow*

2.2 Perhitungan Spesifik Konsumsi Bahan Bakar



Gambar 4. Bagan Batas Pengukuran

Keterangan gambar:

- Q_{in} : Masukan kalor yang ditambahkan
 kWh_B : kiloWatt jam brutto (energi yang dihasilkan terminal generator)
 kWh_{Nu} : kiloWatt jam netto unit pembangkit (energi bersih yang dihasilkan terminal generator/unit pembangkit)
 kWh_{PS} : kiloWatt jam pemakaian sendiri
 TM : Trafo Mesin (*Generator Transformers*)
 TPS : Trafo Pemakaian Sendiri (*Main Auxillary Transformers*)
 kWh_{NP} : kiloWatt jam pusat pembangkit

Berdasarkan SPLN No. 80 tahun 1989, persamaan yang digunakan untuk menghitung konsumsi spesifik bahan bakar adalah sebagai berikut:

- Pemakaian bahan bakar *Specific Fuel Consumption brutto* (SFC_{gross})

$$SFC_{gross} = \frac{Q_f}{kWh_{gross}}$$

- Pemakaian bahan bakar *Specific Fuel Consumption netto* (SFC_{netto})

$$SFC_{netto} = \frac{Q_f}{kWh_{netto}}$$

Dimana :

- Q_f : Jumlah bahan bakar yang dipakai (dalam kg)
 kWh_{gross} : Jumlah kWh yang dihasilkan generator (dalam kWh)
 kWh_{netto} : Jumlah kWh_{gross} dikurang kWh auxiliary sistem (dalam kWh)

2.3. Perhitungan Performa

Setelah didapatkan data properties pada masing-masing beban, maka selanjutnya adalah perhitungan performa PLTU dengan menggunakan data daripada properties tersebut. Perhitungan performa tersebut antara lain :

2.3.1 Heat Rate

Heat Rate didapat dengan menggunakan persamaan :

$$GPHR \text{ (gross plant heat rate)} = \frac{B \times HHV}{GGO}$$

Sedangkan untuk Net Plant Heat Rate dapat dihitung dengan rumus :

$$NPHR \text{ (net plant heat rate)} = \frac{B \times HHV}{\text{Net GGO}}$$

Dimana :

- B = Jumlah pemakaian bahan bakar (batubara) per hari (kg)
 HHV = Nilai kalori bahan bakar (batubara) per kg (Kcal/kg)
 GGO = Gross generator output per jam (kWh)
 Net GGO = Net gross generator output (kWh)

2.3.2. Efisiensi Thermal

Efisiensi termal didapat dengan menggunakan persamaan :

$$Efisiensi \text{ thermal} = \left(\frac{860}{GPHR} \right) \times 100\%$$

Dimana : 1kWh = 859,845 kCal (IEC 461962)
 = 860 kCal

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Pengambilan data

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada PT Bukit Energi Servis Terpadu PLTU Pelabuhan Tarahan 2x8 MW di tahun 2020, maka didapat data penunjang sebagai berikut :

1. Data jumlah pemakaian bahan bakar dan produksi generator

Terlampir data jumlah pemakaian bahan bakar dan produksi generator yang dipakai pada PLTU Pelabuhan Tarahan 2x8 MW. Pada data dibawah ini diambil sampel pada 3 hari dalam bulan April sebagai perbandingan.

Bulan	Tanggal	Pemakaian Batubara	Produksi Generator (kWh Gross)	Main Trafo (kWh Netto)
		(ton)	(kWh)	(kWh)
April	1	162,24	173.160	155.520
	15	161,99	176.400	158.400
	30	126,28	130.500	112.080

Tabel 1. Data Jumlah Bahan Bakar dan Produksi Generator

2. Data Heat Rate

Terlampir data hasil penelitan sebagai bahan perhitungan pada Heat Rate PLTU Pelabuhan Tarahan 2x8 MW. Pada data dibawah ini diambil sampel pada 3 hari dalam bulan April sebagai perbandingan.

Bulan	Tanggal	Pemakai an Batubar a	Nilai Kalori Batubara	Produksi Generator (kWh Gross)	Main Trafo (kWh Netto)
-------	---------	----------------------	-----------------------	---------------------------------	------------------------

		(ton)	(kCal / kg)	(kWh)	(kWh)
April	1	162,24	4.407,0	173.160	155.520
	15	161,99	4.490,0	176.400	158.400
	30	126,28	4.800,0	130.500	112.080

3. Perhitungan Specific Fuel Consumption Brutto (SFC Gross)

Untuk mengetahui nilai Specific Fuel Consumption (SFC Gross) perlu data jumlah bahan bakar yang di pakai dan produksi generator. Berdasarkan data yang telah dikumpulkan pada bulan April selama 30 hari.

Pada tanggal 1 April diperoleh jumlah bahan bakar 162,24 ton = 162240 kg sedangkan untuk jumlah kWh yang dihasilkan generator 173160 kWh. Maka perhitungan dari Specific Fuel Consumption (SFC Gross) sebagai berikut :

$$\text{Rumus} : SFC_{gross} = \frac{Q_f}{kWh_{gross}}$$

$$\text{Perhitungan} : SFC_{gross} = \frac{162240}{173160}$$

$$=$$

$$0,94 \text{ kg/kWh}$$

Pada tanggal 15 April diperoleh jumlah bahan bakar 161,99 ton = 161990 kg, sedangkan untuk jumlah kWh yang dihasilkan generator 176400 kWh. Maka perhitungan dari Specific Fuel Consumption (SFC Gross) sebagai berikut :

$$\text{Rumus} : SFC_{gross} = \frac{Q_f}{kWh_{gross}}$$

$$\text{Perhitungan} : SFC_{gross} = \frac{161990}{176400}$$

$$=$$

$$0,98 \text{ kg/kWh}$$

Pada tanggal 30 April diperoleh jumlah bahan bakar 126,28 ton = 126280 kg, sedangkan untuk jumlah kWh yang dihasilkan generator 130500 kWh. Maka perhitungan dari Specific Fuel Consumption (SFC Gross) sebagai berikut :

$$\text{Rumus} : SFC_{gross} = \frac{Q_f}{kWh_{gross}}$$

$$\text{Perhitungan} : SFC_{gross} = \frac{126280}{130500}$$

$$=$$

$$0,95 \text{ kg/kWh}$$

Dari perhitungan di atas telah didapat nilai Specific Fuel Consumption (SFC Gross). Maka dapat diambil nilai rata-rata pada Specific Fuel Consumption (SFC Gross) sebagai berikut :

Bulan	Tanggal	Pemakaian Batubara	Produksi Generator (kWh Gross)	SFC Gross
		(ton)	(kWh)	(kg / kWh)
APRIL	1	162,24	173.160	0,94
	15	161,99	176.400	0,98
	30	126,28	130.500	0,95
Rata – Rata SFC Gross				0,95

Tabel 3. Data Nilai Rata – Rata SFC Gross

4. Perhitungan *Specific Fuel Consumption Netto* (SFC Netto)

Untuk mengetahui nilai *Specific Fuel Consumption Netto* (SFC Netto) perlu data jumlah bahan bakar yang di pakai dan produksi main trafo. Berdasarkan data yang telah dikumpulkan pada bulan April selama 30 hari.

Pada tanggal 1 April diperoleh jumlah bahan bakar 162,24 ton = 162240 kg, sedangkan untuk jumlah kWh yang dihasilkan generator 155520 kWh. Maka perhitungan dari *Specific Fuel Consumption Netto* (SFC Netto) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Rumus} & : SFC_{netto} = \frac{Q_f}{kWh_{netto}} \\ \text{Perhitungan} & : SFC_{netto} = \frac{162240}{155520} \\ & =\end{aligned}$$

$$1,04 \text{ kg/kWh}$$

Pada tanggal 15 April diperoleh jumlah bahan bakar 161,99 ton = 161990 kg, sedangkan untuk jumlah kWh yang dihasilkan generator 158400 kWh. Maka perhitungan dari *Specific Fuel Consumption Netto* (SFC Netto) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Rumus} & : SFC_{netto} = \frac{Q_f}{kWh_{netto}} \\ \text{Perhitungan} & : SFC_{netto} = \frac{161990}{158400} \\ & = 1,02 \text{ kg/kWh}\end{aligned}$$

Pada tanggal 30 April diperoleh jumlah bahan bakar 126,28 ton = 126280 kg, sedangkan untuk jumlah kWh yang dihasilkan generator 112080 kWh. Maka perhitungan dari *Specific Fuel Consumption Netto* (SFC Netto) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Rumus} & : SFC_{netto} = \frac{Q_f}{kWh_{netto}} \\ \text{Perhitungan} & : SFC_{netto} = \frac{126280}{112080} \\ & =\end{aligned}$$

$$1,12 \text{ kg/kWh}$$

Dari perhitungan di atas telah didapat nilai *Specific Fuel Consumption Netto* (SFC Netto). Maka dapat diambil nilai rata-rata pada *Specific Fuel Consumption Netto* (SFC Netto) sebagai berikut :

Bulan	Tanggal	Pemakaian Batubara	Main Trafo (kWh Netto)	SFC Netto
		(ton)	(kWh)	(kg / kWh)
APRIL	1	162,24	155.520	1,04
	15	161,99	158.400	1,02
	30	126,28	112.080	1,12
Rata – Rata SFC Netto				1,06

Tabel 4. Data Nilai Rata – Rata SFC Netto

5. Perhitungan GPHR (*Gross Plant Heat Rate*)

Untuk mengetahui nilai GPHR (*Gross Plant Heat Rate*) perlu data jumlah bahan bakar serta kalori yang di pakai dan produksi generator. Berdasarkan data yang telah dikumpulkan pada bulan April selama 30 hari. Pada tanggal 1 April diperoleh jumlah bahan bakar 162,24 ton = 162240 kg dengan nilai kalori 4407 kCal/kg. Sedangkan untuk jumlah kWh yang dihasilkan generator 173160 kWh. Maka perhitungan dari GPHR (*Gross Plant Heat Rate*) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Rumus} & : \\ \text{GPHR (gross plant heat rate)} & = \frac{B \times HHV}{GGO}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Perhitungan} & : \\ \text{GPHR (gross plant heat rate)} & = \frac{162240 \times 4407}{173160} \\ & = 4129,06 \text{ kCal/kWh}\end{aligned}$$

Pada tanggal 15 April diperoleh jumlah bahan bakar 161,99 ton = 161990 kg dengan nilai kalori 4490 kCal/kg. Sedangkan untuk jumlah kWh yang dihasilkan generator 176400 kWh. Maka perhitungan dari GPHR (*Gross Plant Heat Rate*) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Rumus} & : \\ \text{GPHR (gross plant heat rate)} & = \frac{B \times HHV}{GGO}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Perhitungan} & : \\ \text{GPHR (gross plant heat rate)} & = \frac{161990 \times 4490}{176400} \\ & = 4455,79 \text{ kCal/kWh}\end{aligned}$$

Pada tanggal 30 April diperoleh jumlah bahan bakar 126,28 ton = 126280 kg dengan nilai kalori 4800 kCal/kg. Sedangkan untuk jumlah kWh yang dihasilkan generator 130500 kWh. Maka perhitungan dari GPHR (*Gross Plant Heat Rate*) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Rumus} & : \\ \text{GPHR (gross plant heat rate)} & = \frac{B \times HHV}{GGO}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Perhitungan} & : \\ \text{GPHR (gross plant heat rate)} & = \frac{126280 \times 4800}{130500} \\ & = 4416,50 \text{ kCal/kWh}\end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas telah didapat nilai GPHR (*Gross Plant Heat Rate*). Maka dapat diambil nilai rata-rata pada GPHR (*Gross Plant Heat Rate*) sebagai berikut :

Bulan	Tanggal	Pemakaian Batubara	Kalori Batubara	Produksi Generator (kWh Gross)	GPHR (<i>Gross Plant Heat Rate</i>)
		(ton)	(kCal/kg)	(kWh)	(kCal / kWh)
APRIL	1	162,24	4407	173.160	4129,06
	15	161,99	4490	176.400	4455,79
	30	126,28	4800	130.500	4416,50
Rata – Rata GPHR (<i>Gross Plant Heat Rate Right</i>)					4416,50

Tabel 5. Data Nilai Rata – Rata GPHR (*Gross Plant Heat Rate*)

6. Perhitungan NPHR (*Nett Plant Heat Rate*)

Untuk mengetahui nilai NPHR (*Nett Plant Heat Rate*) perlu data jumlah bahan bakar serta kalori yang di pakai dan produksi generator. Berdasarkan data yang telah dikumpulkan pada bulan April selama 30 hari. Pada tanggal 1 April diperoleh jumlah bahan bakar 162,24 ton = 162240 kg dengan nilai kalori 4407 kCal/kg. Sedangkan untuk jumlah kWh yang dihasilkan main trafo 155520 kWh. Maka perhitungan dari NPHR (*Nett Plant Heat Rate*) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Rumus} & : \\ \text{NPHR (net plant heat rate)} & = \frac{B \times HHV}{\text{Net GGO}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan} & : \\ \text{NPHR (net plant heat rate)} & = \frac{162240 \times 4407}{155520} \\ & = 4597,40 \text{ kCal/kWh} \end{aligned}$$

Pada tanggal 15 April diperoleh jumlah bahan bakar 161,99 ton = 161990 kg dengan nilai kalori 4490 kCal/kg. Sedangkan untuk jumlah kWh yang dihasilkan main trafo 158400 kWh. Maka perhitungan dari NPHR (*Nett Plant Heat Rate*) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Rumus} & : \\ \text{NPHR (net plant heat rate)} & = \frac{B \times HHV}{\text{Net GGO}} \\ \text{Perhitungan} & : \\ \text{NPHR (net plant heat rate)} & = \frac{162240 \times 4490}{158400} \\ & = 4983,30 \text{ kCal/kWh} \end{aligned}$$

Pada tanggal 30 April diperoleh jumlah bahan bakar 126,28 ton = 126280 kg dengan nilai kalori 4800 kCal/kg. Sedangkan untuk jumlah kWh yang dihasilkan main trafo 112080 kWh. Maka perhitungan dari NPHR (*Nett Plant Heat Rate*) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Rumus} & : \\ \text{NPHR (net plant heat rate)} & = \frac{B \times HHV}{\text{Net GGO}} \\ \text{Perhitungan} & : \\ \text{NPHR (net plant heat rate)} & = \frac{162240 \times 4800}{112080} \\ & = 4945,92 \text{ kCal/kWh} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas telah didapat nilai NPHR (*Nett Plant Heat Rate*). Maka dapat diambil nilai rata-rata pada NPHR (*Nett Plant Heat Rate*) sebagai berikut :

Bulan	Tanggal	Pemakaian Batubara	Kalori Batubara	Main Trafo (kWh Netto)	NPHR (<i>Nett Plant Heat Rate</i>)
		(ton)	(kCal/kg)	(kWh)	(kCal / kWh)
APRIL	1	162,24	4407	173.160	4597,40
	15	161,99	4490	176.400	4983,30
	30	126,28	4800	130.500	4945,92
Rata – Rata NPHR (<i>Nett Plant Heat Rate</i>)					4.945,92

Tabel 6. Data Nilai Rata – Rata NPHR (*Nett Plant Heat Rate*)

7. Perhitungan Efisiensi Thermal

Dari data GPHR (*Gross Plant Heat Rate*) dapat diketahui nilai Efisiensi Thermal. Berdasarkan data perhitungan GPHR (*Gross Plant Heat Rate*) pada bulan April. Pada tanggal 1 April diperoleh nilai GPHR (*Gross Plant Heat Rate*) 4129,06 kCal/kWh, maka perhitungan untuk Efisiensi Thermal sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Rumus} & : \text{Efisiensi thermal} = \left(\frac{860}{\text{GPHR}} \right) \times 100\% \\ \text{Dimana : } 1 \text{ kWh} & = 859,845 \text{ kCal (IEC 461962)} \\ & = 860 \text{ kCal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan} & : \text{Efisiensi thermal} = \left(\frac{860}{4129,06} \right) \times 100\% \\ & = 20,83 \% \end{aligned}$$

Pada tanggal 15 April diperoleh nilai GPHR (*Gross Plant Heat Rate*) 4455,79 kCal/kWh, maka perhitungan untuk Efisiensi Thermal sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Rumus} & : \text{Efisiensi thermal} = \left(\frac{860}{\text{GPHR}} \right) \times 100\% \\ \text{Dimana : } 1 \text{ kWh} & = 859,845 \text{ kCal (IEC 461962)} \\ & = 860 \text{ kCal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan} & : \text{Efisiensi thermal} = \left(\frac{860}{4455,79} \right) \times 100\% \\ & = 19,30 \% \end{aligned}$$

Pada tanggal 30 April diperoleh nilai GPHR (*Gross Plant Heat Rate*) 4416,50 kCal/kWh, maka perhitungan untuk Efisiensi Thermal sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Rumus} & : \text{Efisiensi thermal} = \left(\frac{860}{\text{GPHR}} \right) \times 100\% \\ \text{Dimana : } 1 \text{ kWh} & = 859,845 \text{ kCal (IEC 461962)} \\ & = 860 \text{ kCal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan} & : \text{Efisiensi thermal} = \left(\frac{860}{4416,50} \right) \times 100\% \\ & = 19,47 \% \end{aligned}$$

Bulan	Tanggal	GPHR (<i>Gross Plant Heat Rate</i>) (kCal / kWh)	Efisiensi Thermal %
APRIL	1	4129,06	20,83
	15	4455,79	19,30
	30	4416,50	19,47
Rata – Rata Efisiensi Thermal			19,87

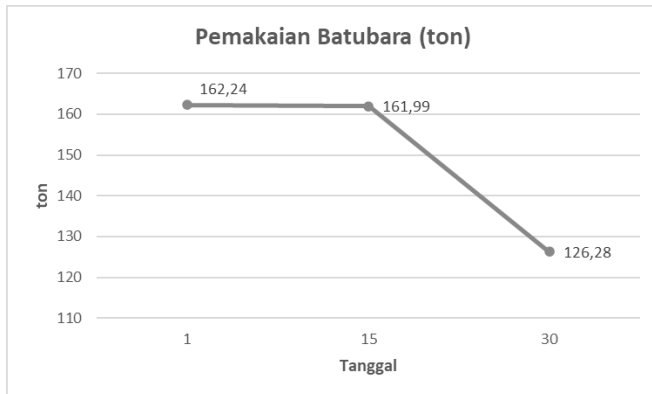
Tabel 7. Data Nilai Rata – Rata Efisiensi Thermal

3.2. Analisa

Berdasarkan pembahasan di atas dapat dianalisa 5 parameter nilai *Specific Fuel Consumption* (SFC) terhadap jumlah pemakaian batubara diantaranya, nilai SFC Gross, nilai SFC Netto, Nilai GPHR (*Gross Plant Heat Rate*), NPHR (*Nett Plant Heat Rate*) dan efisiensi Thermal. Hasil nilai dapat dilihat pada point dibawah ini.

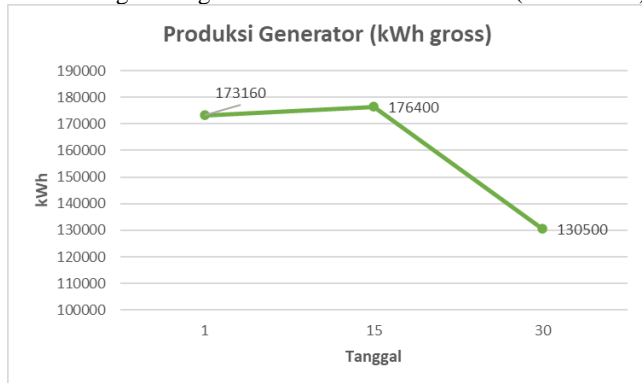
1. Nilai SFC Gross

Berikut ini Gambar grafik dari pemakaian batubara :



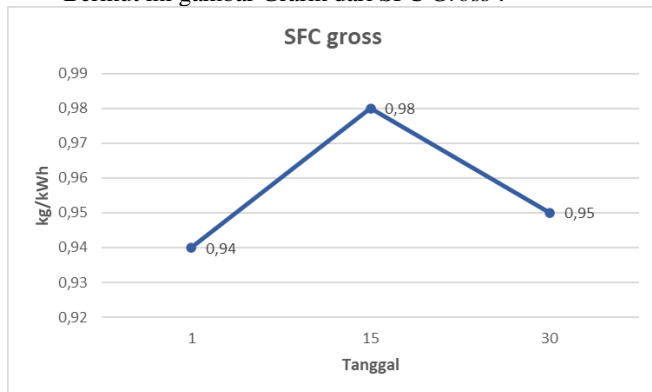
Gambar 5. Pemakaian Batubara

Berikut ini gambar grafik dari Produksi Generator (kWh Gross):



Gambar grafik 6. Produksi Generator (kWh Gross)

Berikut ini gambar Grafik dari SFC Gross :



Gambar grafik 7. SFC Gross

Gambar grafik 5, 6, 7, merupakan hubungan nilai dari SFC Gross dimana secara nilai SFC Gross dipengaruhi dari jumlah pemakaian batubara dan jumlah produksi generator. Secara teoritis jumlah batubara mempengaruhi nilai dari produksi generator, sedangkan faktanya yang terjadi di lapangan jumlah produksi generator ditentukan sesuai dengan kebutuhan dari operasional.

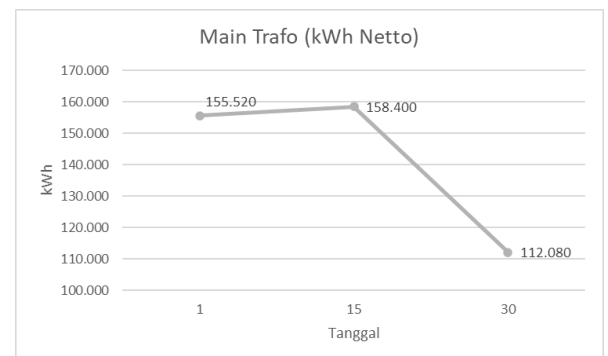
2. Nilai SFC Netto

Berikut ini Gambar grafik dari pemakaian batubara :



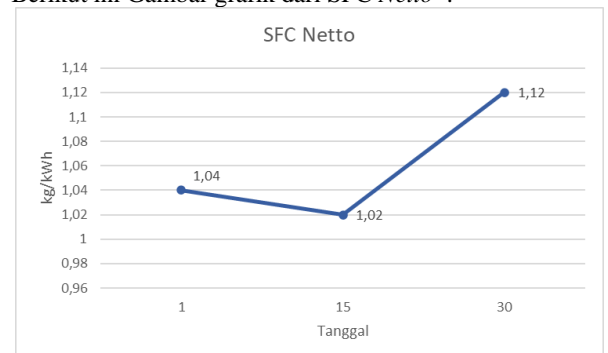
Gambar 8. Pemakaian Batubara

Berikut ini Gambar grafik 8. merupakan grafik dari Main Trafo (kWh Netto) :



Gambar 9 Main Trafo (kWh Netto)

Berikut ini Gambar grafik dari SFC Netto :

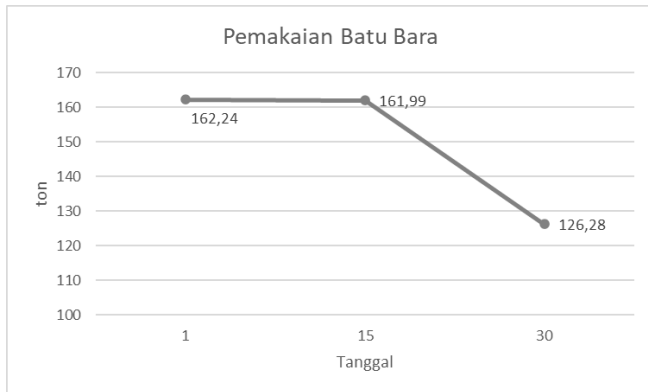


Gambar 10 SFC Netto

Gambar 8, 9, 10 merupakan hubungan nilai dari SFC Netto dimana secara nilai SFC Netto dipengaruhi dari jumlah pemakaian batubara dan jumlah main trafo. Secara teoritis jumlah batubara mempengaruhi nilai dari produksi main trafo, sedangkan faktanya yang terjadi di lapangan jumlah produksi main trafo ditentukan sesuai dengan kebutuhan dari konsumen.

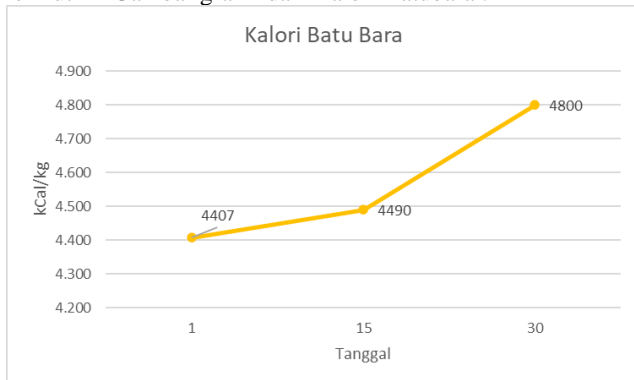
3. Nilai GPHR (Gross Plant Heat Rate)

Berikut ini Gambar grafik dari pemakaian batubara :



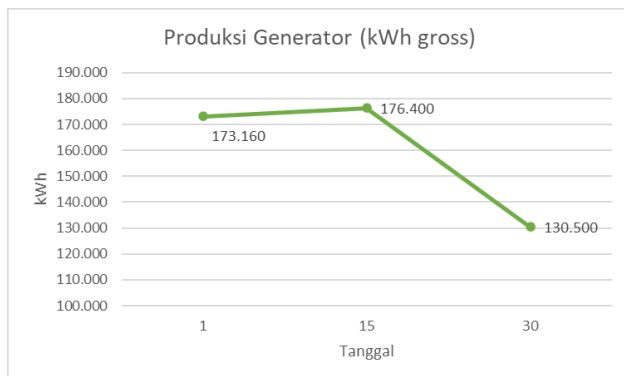
Gambar 11. Pemakaian Batubara

Berikut ini Gambar grafik dari Kalori Batubara :



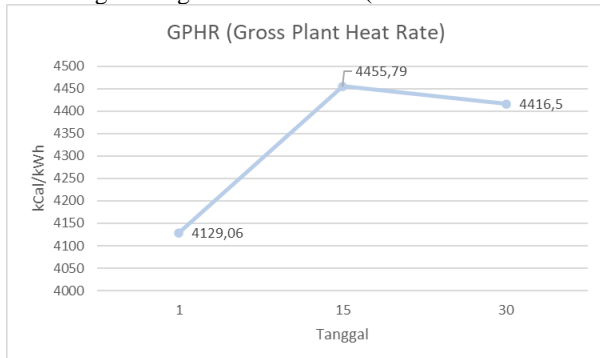
Gambar 12. Kalori Batubara

Berikut ini Gambar grafik dari Produksi Generator (kWh Gross) :



Gambar 13. Produksi Generator (kWh Gross)

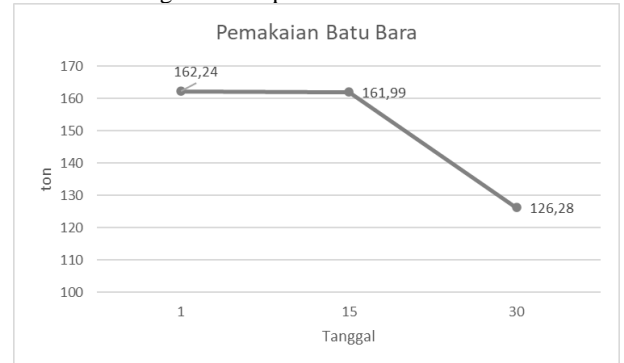
Berikut ini gambar grafik dari GPHR (*Gross Plant Heat Rate*) :

Gambar 14. GPHR (*Gross Plant Heat Rate*)

Gambar 11, 12, 13 dan 14 merupakan hubungan nilai dari GPHR (*Gross Plant Heat Rate*). Nilai GPHR (*Gross Plant Heat Rate*) dipengaruhi dari jumlah pemakaian serta nilai kalori batubara dan jumlah Produksi Generator (kWh Gross), dimana semakin besar kalori batubara maka semakin besar nilai GPHR-nya. Secara teoritis jumlah batubara mempengaruhi nilai dari Produksi Generator (kWh Gross), sedangkan faktanya yang terjadi di lapangan jumlah Produksi Generator (kWh Gross) ditentukan sesuai dengan kebutuhan dari operasional.

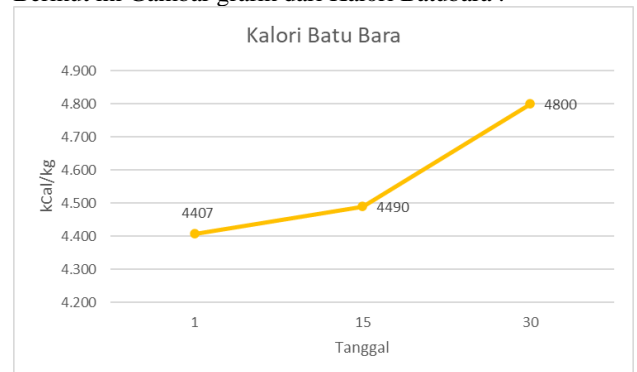
4. Nilai NPHR (*Nett Plant Heat Rate*)

Berikut ini Gambar grafik dari pemakaian batubara :



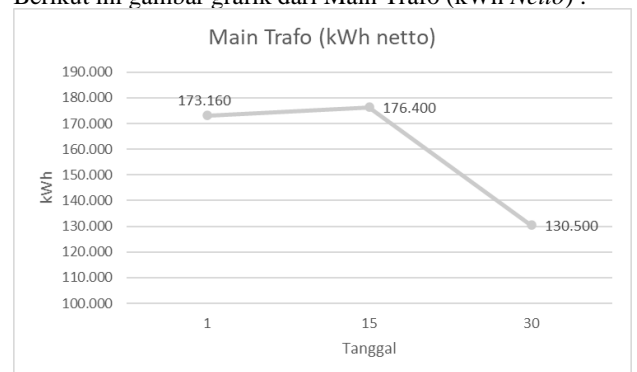
Gambar 15. Pemakaian Batubara

Berikut ini Gambar grafik dari Kalori Batubara :



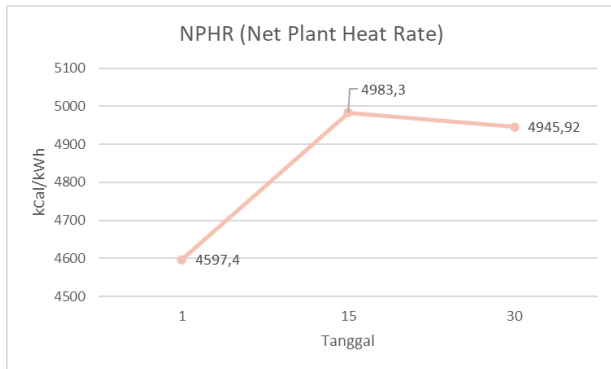
Gambar 16 Kalori Batubara

Berikut ini gambar grafik dari Main Trafo (kWh Netto) :



Gambar 17. Main Trafo (kWh Netto)

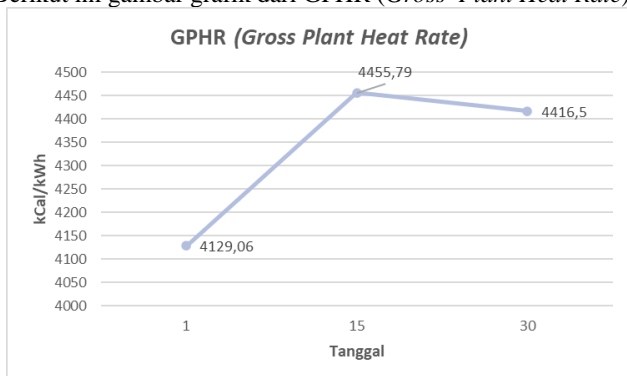
Berikut ini gambar grafik dari NPHR (*Nett Plant Heat Rate*) :

Gambar 18. NPHR (*Nett Plant Heat Rate*)

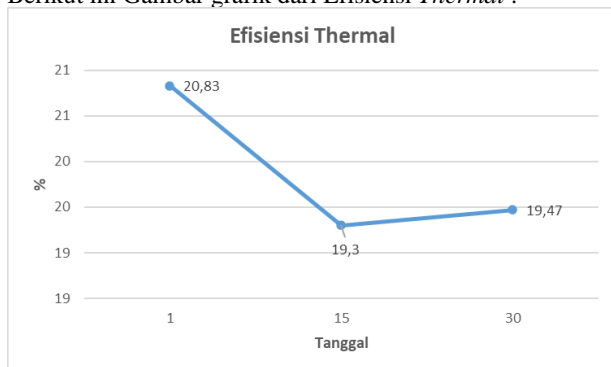
Gambar 15, 16, 17 dan 18 merupakan hubungan nilai dari NPHR (*Nett Plant Heat Rate*). Nilai NPHR (*Nett Plant Heat Rate*) dipengaruhi dari jumlah pemakaian serta nilai kalori batubara dan jumlah Main Trafo (kWh *Netto*), dimana semakin besar kalori batubara maka semakin besar nilai NPHR-nya. Secara teoritis jumlah batubara mempengaruhi nilai dari Main Trafo (kWh *Netto*), sedangkan faktanya yang terjadi di lapangan jumlah Main Trafo (kWh *Netto*) ditentukan sesuai dengan kebutuhan dari konsumen.

5. Efisiensi Thermal

Berikut ini gambar grafik dari GPHR (*Gross Plant Heat Rate*) :

Gambar 19. GPHR (*Gross Plant Heat Rate*)

Berikut ini Gambar grafik dari Efisiensi Thermal :



Gambar 20. Efisiensi Thermal

Gambar 19 dan 20 merupakan hubungan nilai dari Efisiensi Thermal. Nilai Efisiensi Thermal dipengaruhi dari nilai konversi 1kWh = 859,845 kCal atau dibulatkan menjadi 860 kCal yang dibagi dengan jumlah GPHR (*Gross Plant Heat Rate*) dikalikan dengan 100%. Untuk ketentuan standar nilai Efisiensi Thermal dari PLTU Pelabuhan Tarahan 2x8 MW sendiri adalah \geq

24,69 %. Sedangkan dari data pembahasan yang sudah diperoleh tidak sesuai dengan ketentuan standar, yaitu \leq 24,69 %.

3. Kesimpulan

Dari hasil analisa yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

1. Faktor-faktor mempengaruhi dari nilai *specific fuel consumption* (SFC), GPHR (*gross plant heat rate*), NPHR (*Nett plant heat rate*) dan efisiensi thermal adalah jumlah pemakaian batubara, nilai kalori batubara, produksi generator serta trafo.
2. Secara teoritis jumlah pemakaian batubara mempengaruhi nilai dari produksi generator dan trafo, sedangkan faktanya yang terjadi di lapangan jumlah produksi generator dan trafo ditentukan sesuai dengan kebutuhan suplai daya oleh konsumen.
3. Untuk nilai GPHR (*Gross Plant Heat Rate*) dan NPHR (*Nett Plant Heat Rate*) dipengaruhi dari nilai kalori batubara, dimana semakin besar kalori batubara maka semakin besar nilai GPHR atau nilai NPHR-nya.

Standar Efisiensi Thermal dari PLTU Pelabuhan Tarahan 2x8 MW sendiri adalah \geq 24,69 %, sedangkan dari data pembahasan yang sudah diperoleh tidak sesuai dengan ketentuan standar, yaitu \leq 24,69 %.

Ucapan terima kasih

Saya mengucapkan terimakasih kepada Muh Thohirin, S.T., M.T. yang telah memberikan banyak masukan maupun saran sehingga saya dapat menyelesaikan artikel ini.

Daftar pustaka

(a) Daftar pustaka dari suatu **jurnal ilmiah** ditulis Syahputera, Muhammad Iqbal., Dianta Mustofa Kamal dan Arifia Ekayulliana. *Analisis Pengaruh Nilai Kalori Batubara Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Biaya Produksi Listrik*. 2018. Seminar Nasional Teknik Mesin. ISSN 2085-2762. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.

Tangkilisan, Peils Yusac., Ir Hans Tumaliang MT dan Sartje Silimang ST MT. 2015. *Analisa Perhitungan Specific Water Consumption Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air di Sistem Minahasa*. E-Journal Teknik Elektro dan Komputer, Vol. 4, No. 5, hlm. 27-36. ISSN : 2301-8402.

Rasyid, Harun Al., Haqimul Batih dan Raden Edi Sewandono. 2017. *Studi Kelayakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Uap 2X50 MW Menggunakan Boiler Circulating Fluidized Bed Combustion di Kendari Sulselrabar*. Jurnal Energi Kelistrikan, Vol. 9, No. 2, hlm. 147-156.

(b) Daftar pustaka dari suatu **buku** ditulis: Marsudi, Djiteng. "Pembangkitan Energi Listrik", Erlangga, Jakarta, 2005.

(d) Daftar pustaka dari suatu **tesis/disertasi** ditulis: Basuki, Cahyo Adi., Ir Agung Nugroho dan Ir Bambang Winardi. 2008. *Analisis Konsumsi Bahan Bakar Pada Pembangkit*

Listrik Tenaga Uap Dengan Menggunakan Metode Least Square. Semarang: Universitas Diponegoro.

Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban Sumatera. *Protap Deklarasi Kondisi Pembangkit dan Indeks Kinerja Pembangkit Sumatera*. 2018. PT PLN.

Hadi, Kiagus A. 2018. *Modifikasi dan Analisis Kekuatan Material Lifting Tool Counterweight dengan Perangkat Lunak Elemen Hingga Pada Unit Shiploader 2 di PT Bukit Asam TBK*. Bandar Lampung: Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai.

Jaya, Muhammad Indra. 2020. *Analisis Kecelakaan Kerja dengan Metode FMEA dan FTA di Bagian Produksi PT Phillips Seafood Indonesia Lampung Plant*. Bandar Lampung: Universitas Tulang Bawang.

Alam, Mustika. 2019. *Analisa Performance Test Boiler Cfb 50 T/H Pembangkit Listrik Tenaga Uap Pelabuhan Tarahan 2 X 8 MW*. Bandar Lampung: Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai.

Saputro, Widya Yuda. 2016. *Analisa Kerusakan dan Pemeliharaan Coal Feeder Boiler CFB Tipe UG-50/5,3-M*. Bandar Lampung: tidak diterbitkan.

Basuki, Cahyo Adi. "Proteksi Relai Arus Lebih Tipe CO – 9 pada Motor Induksi 3 Fasa Boiler Feed Pump 3A di PLTU Unit 3 PT. Indonesia Power UBP Semarang, Laporan Kerja Praktik Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2007.

Putra, Andrea Tambara. 2016. *Peran WTP dan Laboratorium Dalam Menjaga Kualitas Air di PLTU Peltar 2X8 MW*. Bandar Lampung: tidak diterbitkan.